

## Håndtere overvannet i rør eller på overflaten?

Av Oddvar Lindholm

Oddvar Lindholm er professor på Institutt for matematiske realfag og teknologi, NMBU.

Innlegg på seminar ved Norsk vannforenings 50-årsjubileum 29. april 2014.

### Summary

To demonstrate what happens to the storm water runoff from extreme rainfalls, a residential catchment Rustadskogen in the municipality of Ås was analyzed with the data program SWMM of US EPA. The results show that the runoff from surfaces increases much more than one should expect on basis of the increase in rain intensities. A rain with a 20 year return period was compared to a rain with a 20 year return period with 50 % increase in the rain intensity due to an expected climate change for this century.

The runoff from the surfaces increased by 131 %, even though the rain intensity increased only 50 %. The reason for this is a limited capacity in the infiltration rate of water to the ground.

The simulations also showed that the capacity of the storm runoff network has limits that are reached when the manholes are filled completed up the ground level. If the runoff from the surfaces is much higher than this capacity, the exceeding runoff must be handled on the surface in SUDS (Sustainable Urban Drainage Systems).

### Sammendrag

For å beregne hva som skjer ved håndtering av overvann fra ekstreme regn i avløpsnett kontra på overflaten, er overvannsnett i et boligfelt i Ås kommune, Rustadskogen, simulert med flere

regnstørrelser. Analysene er gjort med det amerikanske dataprogrammet SWMM. Beregningene viser at avrenningen fra overflatene, dvs. overvannsmengdene, øker betydelig mer enn det regnintensitetsøkningen skulle tilsi. For eksempel er dette boligfeltet simulert med et dagens 20-årsregn og med et 20-årsregn med 50 % påslag, som skal gjenspeile regnintensitetene på slutten av dette århundre. Man fant at denne økningen på 50 % i regnintensiteten ga en økning i infiltrasjonen i de permeable flatene på bare 34 %, mens overvannsavrenningen økte med hele 131 %. Grunnen til dette er at infiltrasjonskapasiteten i de permeable flatene når en metning under slike sterke regn. Derfor vil en større andel av overvannet renne av når regnintensiteten øker.

Videre viste analysene at maksimal avrenning fra overvannsnett for et dagens 20 årsregn (890 l/s) var omtrent det samme som maksimal avrenning fra overflatene (1061 l/s). Dette tilsier at feltets avløpsledningsnett er dimensjonert for å klare overflateavrenningen for et 20 årsregn. Når man imidlertid simulerte avrenningen for et 20 årsregn med 50 % påslag i regnintensiteten, ble avrenningen fra overflatene (2632 l/s) mye større enn det overvannsnett klarte å transportere ut (1460 l/s). Dette skyldes at avløpsnett har begrenset kapasitet, da denne ikke kan øke mer når kummene har oppstuvning til markoverflaten. Den overskytende vannføringen som nettet ikke klarer å frakte ut må tas hånd om på overflatene med LOD-anlegg

(Lokal Overvanns Disponering) hvor man prøver å øke infiltrasjonen til grunnen eller forsinker og/eller fordrøyer overvannet inntil regnet har minket så mye at det igjen er kapasitet i ledningsnett.

### Innledning

De sterke korttidsregnene de siste årene har hatt en økende intensitet og ekstremregnene har kommet langt oftere enn før. Rørledningsnett som ofte ble dimensjonert for mange titalls år siden er ofte ikke i stand til å transportere de overvannsmengdene vi har sett de siste årene, og langt mindre de overvannsmengdene som man må forvente vil komme i løpet av dette århundre. Både klimaforverringene og fortettingen i byene bidrar til økte overvannsmengder.

Vannskadene har steget svært mye de siste 10 årene og det er behov for å sette inn tiltak for å kompensere for de økte overvannsmengdene.

I hovedsak er det to muligheter for å løse denne utfordringen. Det er for det første å øke rørdiameter på de ledningene i nettet som er for dårlig dimensjonert. Den andre muligheten er å håndtere overvannet på overflaten i henhold til «treleddsstrategien». Se figur 1.

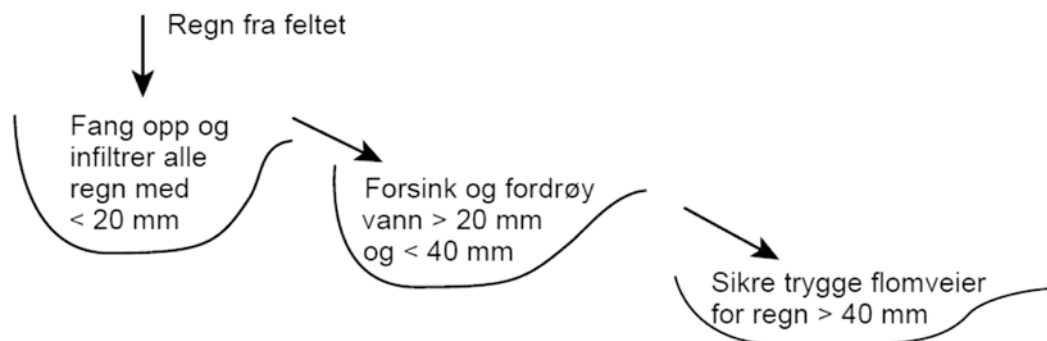
Dette innebærer å filtrere og holde tilbake mest mulig overvann der nedbøren faller, og som andre ledd forsinke og fordrøye det overskytende overvannet. For å håndtere de svært sterke regntilfellene trengs i tillegg åpne og sikre flomveier, som et tredje ledd, for f.eks. opp til et 100-års regn.

Det å løse kapasitetsbehovet ved å øke rørdiameter i et allerede utbygget felt, har vist seg ofte å være meget dyrere enn å bruke overflaten mest mulig for overvannshåndteringen. Mange mastergradsoppgaver ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU) om dette tema har vist dette resultatet for mange delfelt i mange byer i Norge. Se f.eks. Ina Bekkum 2012.

For å vise konkrete tall for hva som skjer med overflateavrenningen og avrenningen fra et avløpsnett er analyser utført på et boligfelt i Ås, Rustadskogen. Det er blant annet beregnet overvannsavrenning for et fremtidig klima, og for å simulere dette er dagens regnintensiteter multiplisert med 1,5. Norsk Vann har en anbefaling om å gjøre et påslag på regnintensitetene (IVF-kurvene) på 1,3 – 1,5 ganger de regnintensitetene som er vist i dagens kurver (Lindholm, m.fl. 2012).

### Rustadskogfeltet i Ås kommune. Analyse av avløpsnett

Det er i denne analysen utviklet en overvannsmodell for avløpsfeltet Rustadskogen. Dataprogrammet SWMM, som er utviklet av det amerikanske miljødirektoratet EPA (2013) er brukt til dette. Overvannsmodellen for Rustadskogen ble i hovedsak utviklet av Buhler (2013) i en masteroppgave ved NMBU. Det benyttes hydrologiske enhetsprosesser som gropmagasinering på permeable flater og tette flater, infiltrasjon på permeable flater (Hortons infiltrasjonsligning) og fulle dynamiske ligninger for simulering av rørstrøm-



Figur 1. Treleddsstrategien for håndtering av overvann. Lindholm m.fl. 2005.

ning (St. Venants ligninger). Den matematiske avløpsmodellen er kalibrert mot 9 forskjellige virkelige regnhendelser hentet fra NVEs database Hydra II.

Simuleringen av overvannsnett Rustadskogen baserer seg på forskjellige gjentakintervall fra IVF-kurver på Rustadskogen i tillegg til «Monsterregnet» fra København 2. juli 2011.

Boligområdet Rustadskogen ligger øst for Ås sentrum. Avgrensningen av feltet er vist i figur 2. Området har en bebyggelse fra 1973. Bebyggelsen er hovedsakelig eneboliger og noen delte boliger. Området er på 24,4 ha, hvorav 25,4 % er urbanisert hvor andel takflater utgjør 10,8 %, veiene 8 % og gangveiene utgjør ca. 6,1 % av det totale arealet. Ledningene er av betong med dimensjoner fra 160 mm til 600 mm. Avløps-systemet er separatsystem med et overvannsnett og et spillvannsnett. Det er en slak helning på ca. 3 % i retning utløpets posisjon. Høyeste punkt ligger på 132,5 meter over havet (moh) og utløpet på ca. 120 moh. Vegetasjonen i nedslagsfeltet er hovedsakelig tilknyttet boligene som hager og beplantete fellesarealer med busker, gress og noe bjerketrær. Rustadskogen har for det meste marin strandavsetning og to små områder med randmorene. Infiltrasjonsevnen i området ligger i kategorien middels godt egnet.

Tabell 1 viser de kalibrerte inngangsdataene i SWMM som er brukt i denne analysen. Analysemodellen ble delt inn i 116 delfelt, 107 knutepunkter/kummer, 113 ledningsstrekninger og ett utløpspunkt.



Figur 2. Rustadskogen boligområde med NVEs målestasjon. Kart fra Statens kartverk. 2013.

Gjennomsnittlig bredde på overvannsstrømmen fra delfeltene	=	40 m
Gjennomsnittlig helning på nedslagsarealet	=	0,5 %
Grop-magasin for tette flater	=	1,6 mm
Grop-magasin for perm. flater	=	5 mm
Max infiltrasjonsrate i Horton	=	75 mm/h
Min infiltrasjonsrate i Horton	=	20 mm/h
Mannings tall for tette flater	=	0,025
Mannings tall for permeable flater (gress, hager)	=	0,1
Mannings tall (1/M) for betongrørene	=	0,017

Tabell 1. Inngangsdata for parametere i simuleringen i SWMM.

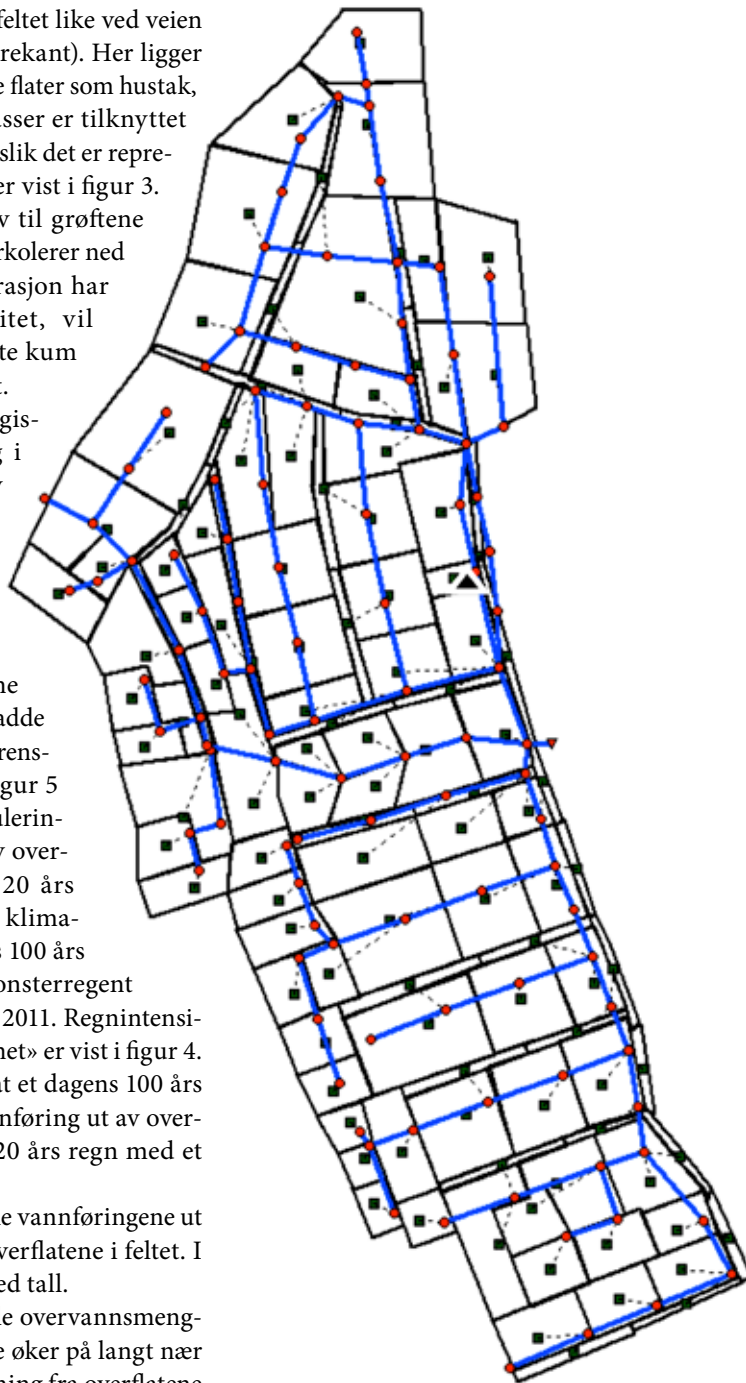
Overvannet fra området renner ut i et utslippspunkt på midten av feltet like ved veien på østsiden. (Markert med trekant). Her ligger også NVEs målestasjon. Tette flater som hustak, veier og noen parkeringsplasser er tilknyttet overvannsledningene. Feltet slik det er representert i SWMM-modellen er vist i figur 3. Veienes overvann renner av til grøftene hvor vannet infiltreres og perkolerer ned til grunnvannet. Når infiltrasjon har nådd sin metningskapasitet, vil vannet renne av til nærmeste kum og videre til overvannsnett.

NVEs målestasjon har registrert nedbør og avrenning i mer enn 30 år. Data fra ni av de kraftigste regnene fra databasen til NVE er brukt for å kalibrere avløpsmodellen. Resultatene av kalibreringen var meget bra da de beregnede vannføringene og de målte vannføringene hadde en meget tilfredsstillende overensstemmelse (Buhler 2013). Figur 5 viser noen resultater fra simuleringene av vannføringene ut av overvannsnett for et dagens 20 års regn, for et 20 års regn med klimapåslag på 50 %, for et dagens 100 års regn og for det såkalte «monsterregnet som falt i København 2. juli 2011. Regnintensitetene for dette «monsterregnet» er vist i figur 4.

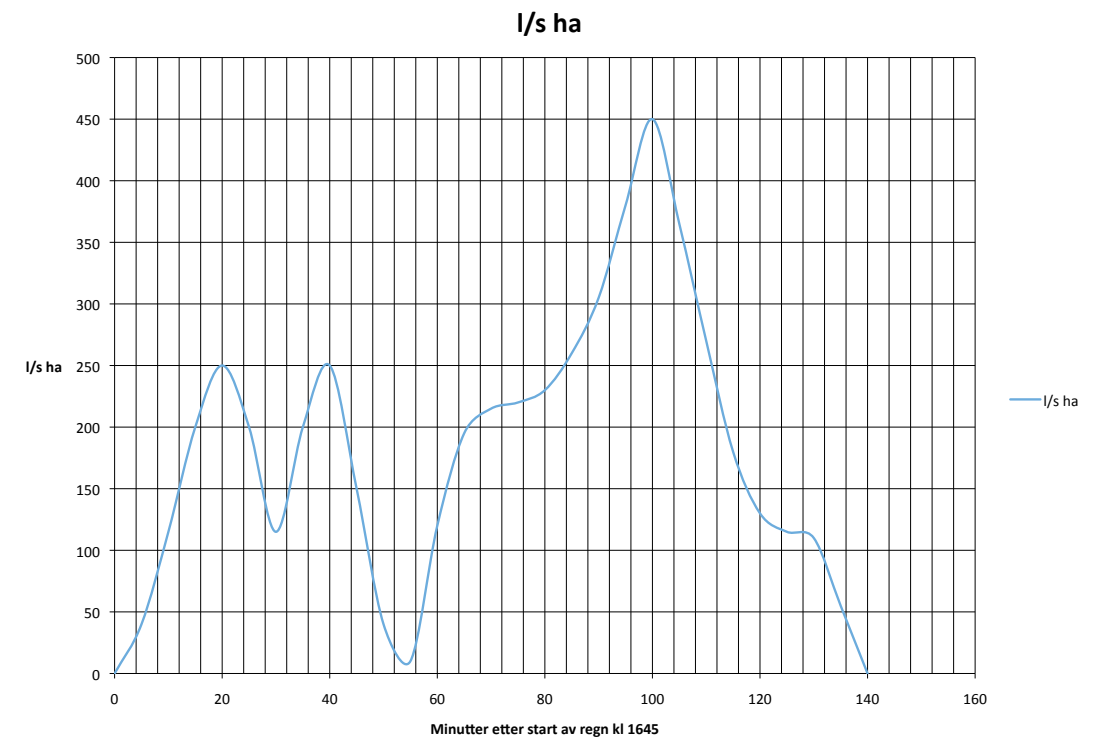
Man ser f.eks. av figur 5 at et dagens 100 års regn bare gir litt høyere vannføring ut av overvannsnett enn et dagens 20 års regn med et klimapåslag på 50 %.

Figur 6 viser de maksimale vannføringene ut av overvannsnett og fra overflatene i feltet. I tabell 2 er det samme vist med tall.

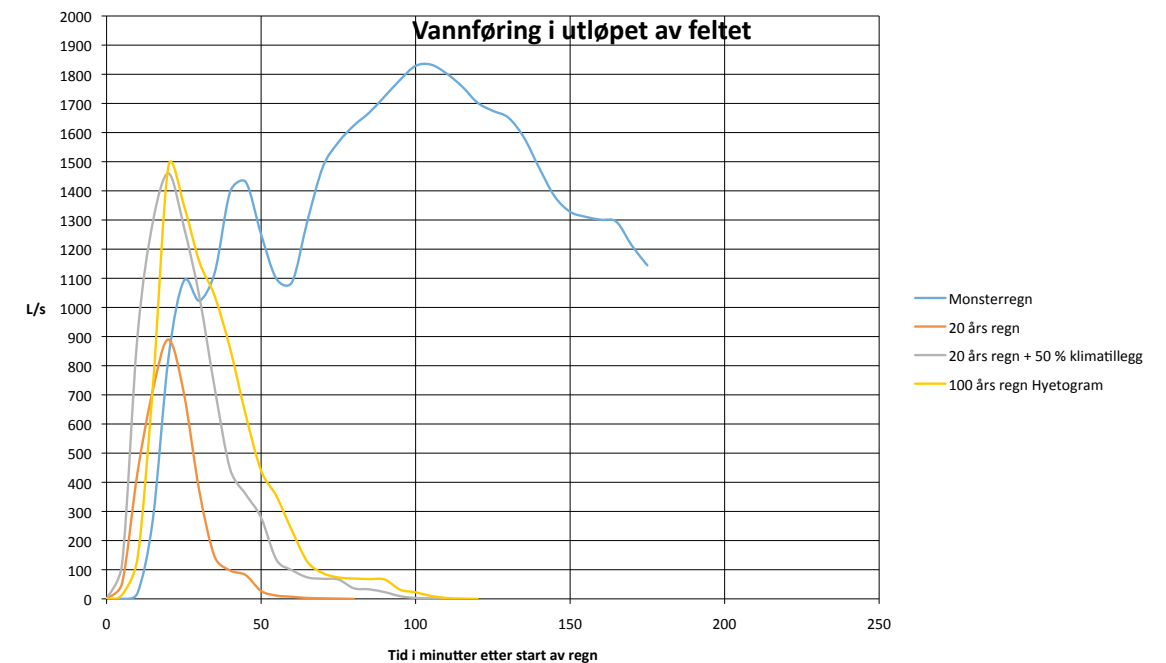
Man ser at den maksimale overvannsmengden fra overvannsnett ikke øker på langt nær så mye som maksimal avrenning fra overflatene øker ved mer ekstreme regn. Grunnen til dette er illustrert i figur 7. Kapasiteten i et ledningsnett kan ikke øke mer når oppstuvningen i kummene når markoverflaten. Denne oppstuvning øker



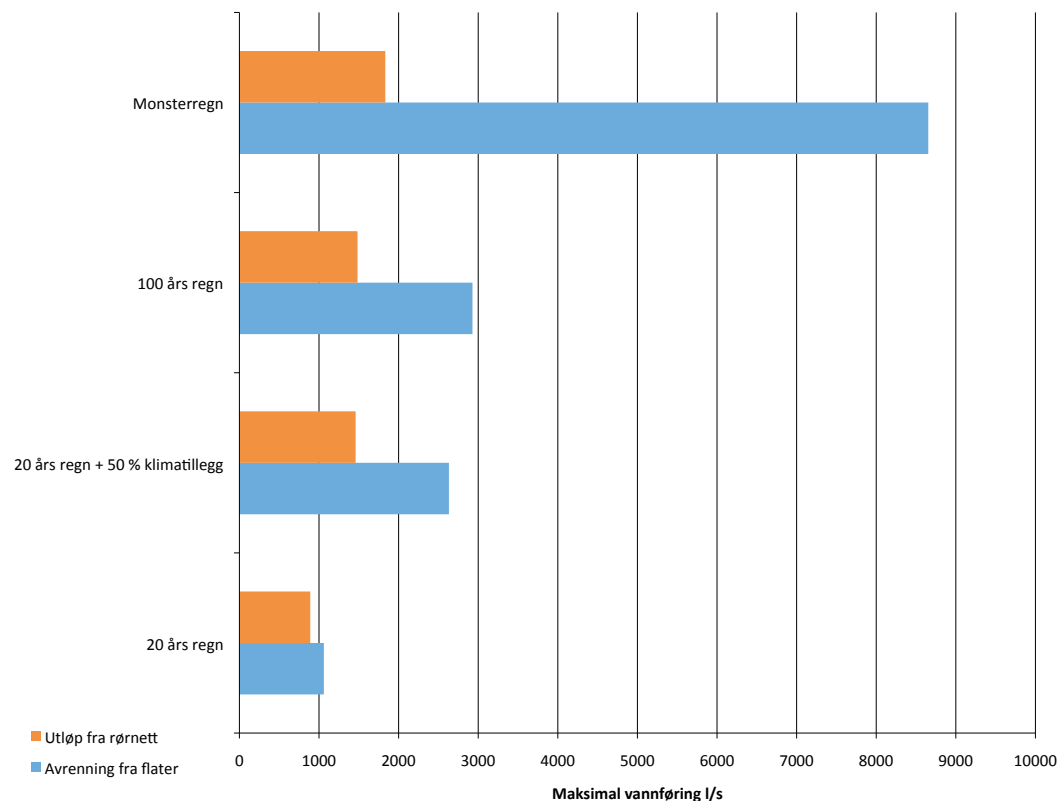
Figur 3. Avløpssystemets beregningsmessige knutepunkter med innlagte delfelter (Buhler 2013).



Figur 4. Radarmålt intensitet fra «Monsterregnet» i København 2. juli 2011.



Figur 5. Overvannsmengder i utløpet av overvannsnett for fire sterke regn.



Figur 6. Maksimale vannføringer fra overvannsnettet og fra overflatene i feltet.

Regn til SWMM-simulering	Avrenning fra flater Qmaks l/s	Utløp fra rørnett Qmaks l/s
20 års regn i dagens klima	1061	890
20 års regn + 50 % klimatillegg	2632	1460
100 års regn i dagens klima	2928	1484
Monsterregnet 2. juli 2011	8654	1833

Tabell 2. Maksimale vannføringer fra overvannsnettet og fra overflatene i feltet.

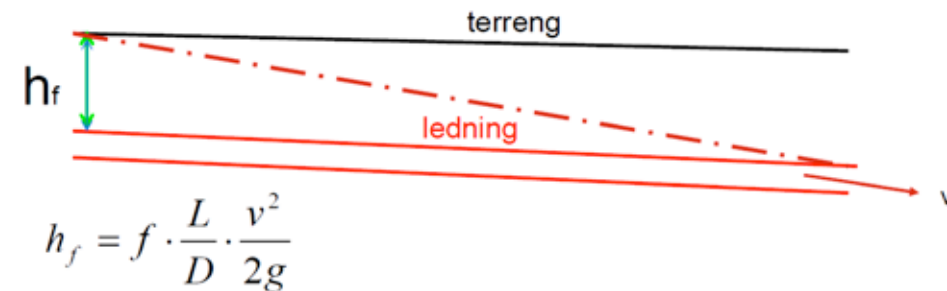
dessuten med kvadratet av vannhastigheten og dermed vannføring i røret.

Vi ser i figur 6 at maksimal overvannsføring i ledningsnettet for et 20 års regn i dagens klima er nesten den samme som maksimal vannføring fra overflatene. Det viser at overvannsnettet er godt tilpasset til å klare et 20 års regn. Ved et 100 års regn eller et dagens 20 års regn med 50 % klimapåslag, blir det imidlertid store overvannsmengder fra overflatene som nettet ikke kan transportere ut. Dette overskuddet av overvann

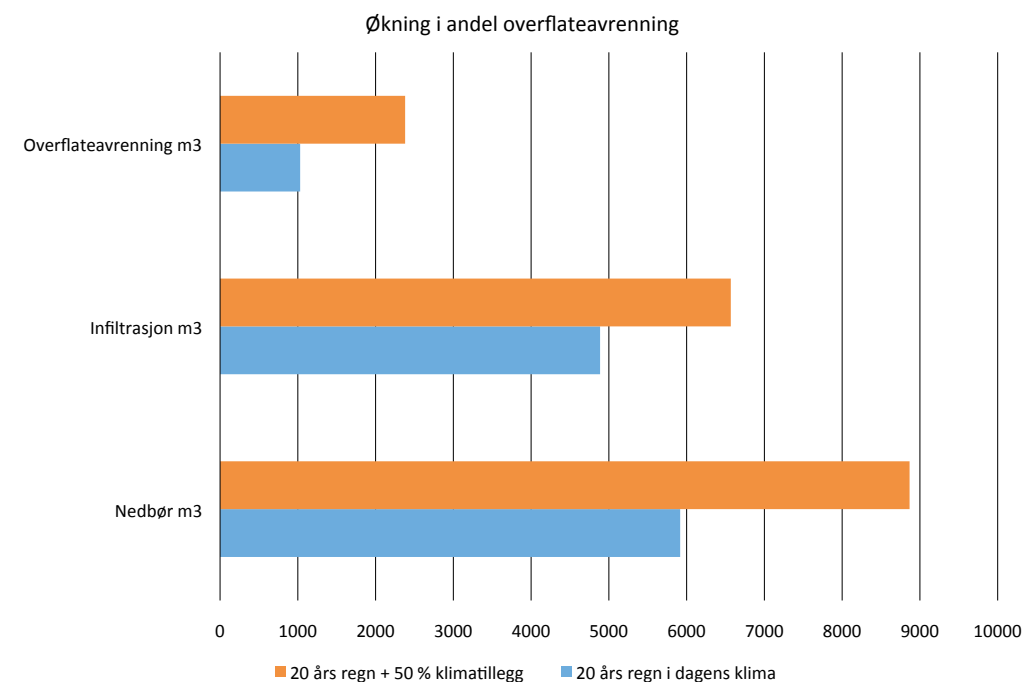
må tas hånd om på overflatene med LOD anlegg og åpne sikre flomveier.

Figur 8 viser en sammenligning mellom et dagens 20 års regn og et 20 års regn med 50 % klimapåslag. Man ser at ved klimapåslaget på 50 % øker avrenningen fra overflatene svært mye fordi infiltrasjonen har nådd metning. En moderat økning i regnintensiteten gir dermed i dette tilfellet en svært stor økning i avrenningen (og dermed avrenningskoeffisienten).

Tabell 3 viser at nedbørens økning med 50 %



Figur 7. Kapasiteten i avløpsledninger er begrenset.



Figur 8. Sammenligning av 20 års regn med et 20 års regn med 50 % klimapåslag.

Regn	Nedbør m³	Infiltrasjon m³	Overflateavrenning m³
20 års regn i dagens klima	5917	4887	1030
20 års regn + 50 % klimatillegg	8867	6568	2380
Økning i m³	2950	1681	1350
% økning p.g.a. klimaforverring	50	34	131

Tabell 3. Vannmengdeøkninger som følge av klimaendringer

medfører at 2950 flere m³ faller over feltet. Økningen i infiltrasjonen er 1681 m³ mens overflateavrenningen øker med 1350 m³. Som alle-

rede nevnt må denne økningen håndteres på overflaten da ledningsnettet har nådd kapasiteten.

Dersom man i dette allerede etablerte feltet



satser på grønne tak og åpne dammer kan planen bli som følger. De 255 husene i feltet antas hver å ha i gjennomsnitt 120 m<sup>2</sup> tak og vi antar at de kan lagre 6 mm nedbør. Da blir dette 184 m<sup>3</sup>.

Vannmengden som må holdes tilbake i åpne dammer blir dermed = 1350 - 184 = 1166 m<sup>3</sup>.

Ved en vannspeilsøkning i dammene på 0,5 m trengs da 2332 m<sup>2</sup> damareal.

Rustadskogfeltet er på 24,4 ha som er 244 000 m<sup>2</sup>. Dette er ca. 1 % av det totale arealet og burde være mulig å innpasse i dette boligfeltet.

### Konklusjon

Analysene har vist at rørsystemene ofte ikke kan klare de store vannmengdene som det må planlegges for i fremtiden. Den såkalte treleddsstrategien med infiltrasjon av overvann, forsinkelse av den overskytende avrenningen og åpne flomveier må innføres i byene. Her er særlig det å sikre åpne trygge flomveier i byene sentralt i denne sammenheng.

### Takk

Vi er takknemlige for råd og hjelp fra NVE for data fra både regnmålinger og avløpsmålinger i forbindelse med masteroppgaver utført ved UMB/NMBU. Vi takker også Ås kommune for

bruk av avløpsfeltet Rustadskogen. Prosjektet har vært et av Institutt for matematiske realfag og teknologi (NMBU) sitt bidrag i Norges forskningsråds forskningsprogram ExFlood.

### Referanser

Bekku, Ina. 2012. "Analyse av klimatilpasningstiltak - En casestudie av overvannstettet på Bogafjell i Sandnes kommune". Mastergradsoppgave ved Institutt for matematiske realfag og teknologi UMB.

Buhler, L. 2013. "Analyse av klimaendringens påvirkning på Rustadfeltet med kalibrert modell". Mastergradsoppgave ved UMB Institutt for matematiske realfag og teknologi.

EPA. (2013). [www.epa.gov/nrmrl/wswrd/wq/models/swmm/](http://www.epa.gov/nrmrl/wswrd/wq/models/swmm/)

Lindholm, O., Endresen, S., Tønder Smith, B., og Thorolfsson, S. 2012. "Veiledning i dimensjonering og utforming av VA-transportsystem." ISBN 978-82-414-0337-8. Rapport 193 - 2012. Hamar.

Lindholm, O., Endresen, S., Thorolfsson, S., Sægrov, S. og Jakobsen, G. 2005. "Veiledning i overvannshåndtering". NORVAR-rapport 144 - 2005. Hamar.

Aarseth, J. 2013. Ås kommune. Personlig meddelelse.